

Construction kit consisting of structural elements and couplings

Patent Number: DE3910304
Publication date: 1990-10-04
Inventor(s): KRAENZLER OTTO (DE)
Applicant(s): KRAENZLER OTTO (DE)
Requested Patent: ☐ DE3910304
Application Number: DE19893910304 19890330
Priority Number(s): DE19893910304 19890330
IPC Classification: A63H33/10; G09B23/08
EC Classification: A63H33/04M
Equivalents:

Abstract

For models of multiply interlinked structures such as three-dimensional lattice-works and frameworks, mechanically locking or clamping connections are laborious and time-consuming to produce with the known screwless construction kits. The occurrence of torsional and bending forces is unavoidable. The new type of construction kit is intended to permit the realistic, professional construction of torsion-free tensile and compressive structures without tools and with a minimum use of force. In order to permit any desired angular positions, appropriately prepared structural elements are stuck onto spherical couplings by means of magnetic or tuck-and-close connectors. The magnetic design contains permanent-magnet couplings (2a) and rod-shaped structural elements (1), which bear ferromagnetic endpieces (3a) with contact surfaces (4) shaped to fit the couplings (2a). In the tuck-and-close design, the couplings are coated with one part of a tuck-and-close connection and the contact surfaces of the structural elements with the other part. Depending on the design, the construction kit can be a constructive toy, a model construction kit or a means of instruction. The connecting technique is variable and wear-free and permits very simple dismantling and reuse of all structural elements as desired. Skill and spatial perception are encouraged in an

entertaining manner.



Data supplied from the esp@cenet database - 12

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 39 10304 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 39 10 304.8
㉑ Anmeldetag: 30. 3. 89
㉒ Offenlegungstag: 4. 10. 90

㉓ Int. Cl. 5:
A63H 33/10
G 09 B 23/08
// G09F 23/14

DE 39 10304 A1

㉔ Anmelder:
Kränzler, Otto, 7000 Stuttgart, DE

㉕ Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

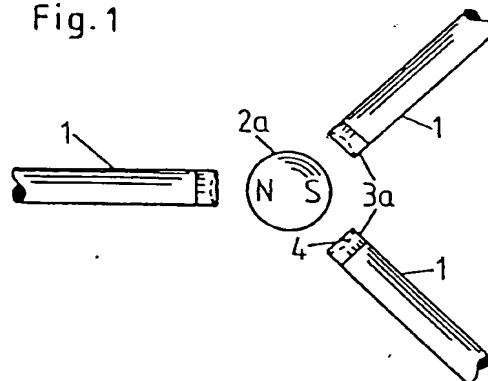
㉖ **Baukasten, bestehend aus Bauelementen und Kupplungen**

Für Modelle von vielfach vernetzten Strukturen wie dreidimensionalen Fach- und Rahmenwerken sind bei den bekannten, schraubfreien Baukästen mechanisch einrastende oder klemmende Verbindungen auf mühsame, zeitraubende Weise herzustellen. Dabei ist das Auftreten von Torsions- und Biegekräften unvermeidlich. Der neue Baukastentyp soll realistisches, fachgerechtes Aufbauen von verwindungsfreien Zug- und Druckstrukturen ohne Werkzeuge und unter minimalem Kraftaufwand erlauben.

Um beliebige Winkelstellungen zu ermöglichen, werden an kugelförmige Kupplungen mittels Magnet- oder Klettverbindungen entsprechend präparierte Bauelemente angeheftet. Die magnetische Ausführung enthält dauermagnetische Kupplungen (2a) und stabförmige Bauelemente (1), welche ferromagnetische Endstücke (3a) tragen mit passend zu den Kupplungen (2a) geformten Kontaktflächen (4). Bei der Klettausführung sind die Kupplungen mit dem einen, die Kontaktflächen der Bauelemente mit dem anderen Teil einer Klettverbindung beschichtet.

Der Baukasten ist je nach Ausstattung Konstruktionspiel, Modellbaukasten oder Instruktionsmittel. Die Verbindungstechnik ist variabel, verschleißfrei und gestattet einfachstes Zerlegen und beliebige Wiederverwendung aller Konstruktionselemente. Geschicklichkeit und räumliches Anschauungsvermögen werden auf unterhaltsame Weise gefördert.

Fig. 1



DE 39 10304 A1

Die Erfindung bezieht sich auf einen Baukasten, bestehend aus Bauelementen und Kupplungen, insbesondere auf eine Gattung eines solchen Baukastens, die schnell und ohne Werkzeug herstellbare und leicht wieder lösbare Verbindungen ermöglicht und mit beliebig wiederverwendbaren Bauelementen und Kupplungen ausgestattet ist. Baukästen mit diesen allgemeinen Eigenschaften sind vorwiegend für Unterhaltungs- und Spielzwecke konzipiert; präzisere Ausführungen sind auch für Instrukszwecke und für den Modellbau geeignet.

Bei den bekannten Baukästen nach dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2 lassen sich hinsichtlich der Dimension ihrer Bauelemente zwei Arten unterscheiden: Miniaturbaukästen für Tischmodelle in kleineren Maßstäben und Großbaukästen für ausgedehntere meist gerüstartige Konstruktionen. Zahlreiche Miniaturbaukästen sind bekannt, welche stabförmige oder flächenhafte, in Kupplungen einsteckbare Bauelemente enthalten. Ein Baukasten dieser Art ist in der DE-OS 28 11 612 angegeben. Häufiges Verbinden und Trennen führt hier rasch zu Verschleißerscheinungen, die Einstecktiefe variiert und präzises Bauen wird im Laufe des Gebrauchs zunehmend erschwert. Die aus der DE-OS 30 44 347 bekannte Kupplungsart erlaubt präziseres Konstruieren, erfordert jedoch komplizierte Formteile und engtolerante Passungen, deren Formbeständigkeit hohe Anforderungen zu erfüllen hat, so daß bereits geringfügige Beschädigungen oder Abnutzungen die Funktion beeinträchtigen. Derartige Verbindungstechniken und auch andere wie Anklemmen, Einhaken usw. weisen die gemeinsamen Nachteile auf, daß die Kräfte zum Herstellen einer Verbindung annähernd in der Größenordnung der Haltekräfte liegen, was beim Anbauen an freitragende Strukturen zur Lockerung der bestehenden Verbindungen führt und daß die beim Zusammenfügen entstehenden Gegenkräfte von der zweiten Hand an der Kupplungsstelle aufgefangen werden müssen, damit sie nicht auf die übrige Konstruktion einwirken. Es liegen hier grundsätzlich andere Verhältnisse vor, wie bei Bausteinen, die direkt aufeinander gestapelt werden, wofür die Stecktechnik sehr gut geeignet ist.

Die bereits erwähnte DE-OS 30 44 347 beschreibt eine Kupplung, die durch umlaufende Einrastnuten zumindest entlang einer der beiden Winkelkoordinaten beliebige Winkelstellungen erlaubt. Zahlreiche andere Maßnahmen sind bekannt, welche die allseitige Winkelbeweglichkeit der Bauelemente zumindest innerhalb gewisser Grenzen gewähren sollen. Die technischen Wirkungen der bekannten, für gattungsgemäße Baukästen vorgeschlagenen Einrichtungen sind jedoch nicht ausreichend, um das Auftreten von Biegekräften entlang der Bauelemente völlig zu verhindern. Diese statisch unzulässigen Kräfte führen in ausgedehnten Strukturen zu Verwindungskräften, welche gegen die Haltekräfte der Kupplungen arbeiten.

Eine grundsätzlich andersartige Verbindungstechnik verwendet ein Baukasten mit Bauelementen aus Plattenmaterial ohne ferromagnetische Teile und mit kugelförmigen, Permanentmagnete enthaltenden Kupplungen. Er ist aus dem DE-Gbm. G 83 18 850.9 bekannt. Seine Möglichkeiten, frei zu konstruieren, sind sehr beschränkt, denn es müssen sich immer dort zwei Kugeln über Vertiefungen in den Bauelementen gegenüberstehen, wo eine Verbindung beabsichtigt ist. Die an sich gegebenen Vorteile verschleißfreier Montage und ein-

facher Zerlegbarkeit stehen dem Nachteil gegenüber, daß gängiges, realitätsbezogenes Bauen nur über Umwege möglich ist. Die tatsächlichen strukturellen Beziehungen in einem realistischen Bauwerk vermittelt dieser Baukasten nicht.

Eine Anzahl von gattungsgemäßen Baukästen ist bekannt, deren Kupplungen so ausgelegt sind, daß mit den meist stabförmigen Bauelementen Gerüstbauten von maximal einigen Metern Ausdehnung möglich sind. Solche Großbaukästen ohne Schraubverbindungen sind in der Regel nur als Spielzeug geeignet und nicht für dauerhafte Aufbauten vorgesehen. Zwei typische Beispiele sind die in der DE-OS 26 51 656 und die in der Europäischen Patentanmeldung 02 77 319 offengelegten Baukästen. Systeme dieser Art unterscheiden sich hauptsächlich in der Ausführung ihrer Paßteile und sind sich hinsichtlich Handhabbarkeit und Stabilität recht ähnlich. Da die Winkel zwischen den Bauelementen starr festgelegt sind oder bei den flexibleren Vorrichtungen nur unter Entstehung von Gegenkräften variiert werden können, kommt es auch hier unweigerlich zu Verwindungen der Gesamtstatik, was dem erwünschten Lerneffekt zuwiderläuft. Ein zusätzlicher Problem punkt bei den bekannten Großbaukästen ist die Festigkeit der Aufbauten: sie sind zu fest, um bei Kletterversuchen auf ungefährliche Art sofort nachzugeben und andererseits zu wenig belastbar, um etwa das Körpergewicht mehrerer Kinder zu tragen; sofern sie das Klettern überhaupt zulassen, müßte letzteres im Interesse gefahrlosen Spielens jedoch unbedingt gewährleistet sein. Das trifft auf entsprechende Gattungen von Klettergerüsten, die nur von Erwachsenen installiert werden können, durchaus zu.

Der Vollständigkeit halber seien zum Stande der Technik noch einige Baukästen mit quaderförmigen Bausteinen und ohne Kupplungen angeführt: Ein solcher Baukasten mit Klettverbindungen ist in der Europäischen Patentanmeldung 00 47 102 offengelegt. Aufgrund unterschiedlicher Beschichtung der Oberflächen mit Haken- oder Flauschmaterial, ergibt sich die Schwierigkeit, daß die Bausteine prinzipiell nicht in beliebiger Weise zusammenpassen. Maßnahmen zur Abhilfe sind an gleicher Stelle angegeben, sie gestatten jedoch nicht die Verwendung gängiger Klettmaterialien. Ein analoges Problem stellt sich aus Polaritätsgründen bei magnetisch präparierten Bausteinen, welche in zahlreichen Formen bekannt sind, etwa aus der DE-OS 22 48 688 oder aus dem DE-Gbm G 82 33 845.0. Diese Nachteile von Klett- oder Magnetverbindungen werden bei einem erfindungsgemäßen Baukasten durch das Zusammenwirken von Bauelementen und Kupplungen entsprechend den Patentansprüchen 1 und 2 wirkungsvoll vermieden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Baukasten zu schaffen, welcher realistisches Konstruieren gemäß fachmännischen Anforderungen an einzig von Zug- und Druckkräften bestimmte Strukturen mit verwindungsfreier Modellstatik spielerisch vermittelt; die dazu verwendeten Bauelemente sollen über Kupplungen auf einfache, rasche und verschleißfreie Art und Weise unter beliebigen Winkeln zusammensetzbar sein. In Verbindung mit einer Haltekräft, die nicht maximal, sondern für Spielzwecke und zur Erprobung von Modellen ausreichend sein muß, soll der Baukasten auf minimalen Kraftaufwand beim Zusammenfügen der Bauelemente hin optimiert sein. Desweiteren ist einfachste Zerlegbarkeit angestrebt. Das Zerlegen muß ohne Schäden an Bauteilen und ohne Verletzungsgefahren

für den Benutzer möglich sein.

Die Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Baukasten für eine Modell- bzw. Miniaturausführung durch die im Patentanspruch 1 und für eine Großversion zu Spielzwecken durch die im Patentanspruch 2 angegebenen Merkmale gelöst. Weiterbildungen sind jeweils in den Unteransprüchen enthalten.

Die mit der Erfindung erzielten herstellungsmäßigen Vorteile bestehen insbesondere darin, daß erstens aufgrund der Vermeidung von Steck-, Klemm- oder Schraubvorrichtungen an Bauelementen und Kupplungen die Anfertigung komplexer Formteile und damit die Erfordernis allzu kostspieliger Werkzeuge entfällt, daß zweitens durch die abnutzungsfreie Verbindungstechnik abgesehen von den Magneten sich teure Spezialwerkstoffe für die Bauelemente erübrigen und daß drittens infolge der geringen Anzahl von unterschiedlichen Einzelkomponenten keine aufwendige Montage von Bauelementen oder Kupplungen zu erfolgen hat. Die Universalität der Bauteile wirkt sich positiv auf die Herstellung wie auf die Anwendung aus: die Fächerung des Bauelementeprogramms wird klein gehalten und außerdem ist ausgeschlossen, daß etwa bestimmte Bauteile überzählig, andere dagegen bereits verbraucht sind, sofern nur für eine ausreichende Menge von Kupplungen Sorge getragen wird.

Da die Statik der Bauten nicht durch Kupplungen mit starr vorgegebenen Winkeln, sondern durch Triangulierung bestimmt wird und da es keine Passungen gibt, bleiben Dimensionstoleranzen bei Bauelementen und Kupplungen innerhalb sehr großzügiger Grenzen unkritisch. Dies erleichtert sowohl die Herstellung des erfindungsgemäßen Baukastens als auch dessen Handhabung. Weiter Vorteile ergeben sich aus der anschließenden Beschreibung der Erfindung in Verbindung mit den Zeichnungen.

Nachfolgend werden zwei bevorzugte Ausführungsformen erfindungsgemäßer Baukästen nach den Patentansprüchen 1 und 2 anhand von Beispielen unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen beschrieben. Fig. 1 bis 4 zeigen Ausgestaltungen von Merkmalen nach Patentanspruch 1 und Fig. 5 bis 7b solche nach Anspruch 2.

Fig. 1 zeigt, ungefähr im Maßstab 2 : 1 vergrößert, in schaubildlicher Ansicht eine kugelförmige, permanentmagnetische Kupplung und drei der Kupplung zugewandte Enden von innerhalb der Zeichnungsebene liegenden, auf den Mittelpunkt der Kupplung ausgerichteten stabförmigen Bauelementen gemäß Anspruch 1.

Fig. 2 zeigt, im Maßstab 3 : 1 vergrößert, Schnitte durch permanentmagnetische Kupplungen in drei beispielhaften Ausführungsformen.

Fig. 3a, 3b und 3c zeigen in längsgeschnittenen Teilansichten im Maßstab 4 : 1 drei Beispiele stabförmiger Bauelemente, welche sich hinsichtlich ihrer ferromagnetischen Endstücke und teilweise auch in ihren Querschnittsprofilen unterscheiden.

Fig. 4 zeigt in halbschematischer perspektivischer Darstellung von ungefähr natürlicher Ausdehnung ein aus sechs gleichlangen stabförmigen Bauelementen und aus vier kugelförmigen permanentmagnetischen Kupplungen zusammengesetztes Körpernetz eines Tetraeders. Gestrichelte Verbindungen deuten an, wie durch mehrfache Triangulierung weitergebaut werden kann.

Fig. 5 zeigt, ungefähr im Maßstab 1 : 4 verkleinert, eine mit der Flauschseite einer Klettverbindung beschichtete kugelförmige Kupplung im Durchschnitt und in Längsschnitten drei der Kupplung zugewandte En-

den von innerhalb der Zeichnungsebene liegenden, auf den Mittelpunkt der Kupplung ausgerichteten stabförmigen Bauelementen gemäß Anspruch 2.

Fig. 6a, 6b und 6c zeigen in längsgeschnittenen Teilansichten im Maßstab 1 : 2 drei Beispiele stabförmiger Bauelemente, welche sich hinsichtlich ihrer, mit der Hakenseite einer Klettverbindung beschichteten, Endstücke unterscheiden.

Fig. 7a und 7b zeigen in stark verkleinertem Maßstab schaubildlich zwei unterschiedlich dimensionierte, flächenhafte Bauelemente eines erfindungsgemäßen Baukastens nach Patentanspruch 2.

In den Zeichnungen steht das Bezugszeichen 1 allgemein für verschiedene Ausführungsformen von stabförmigen Bauelementen des Baukastens gemäß Patentanspruch 1, das Bezugszeichen 11 für solche des Baukastens gemäß Anspruch 2. Auf magnetische Kontaktflächen wird allgemein durch das Zeichen 4, auf mit Klettmaterial beschichtete Kontaktflächen wird allgemein durch das Zeichen 14 Bezug genommen. Die Bezeichnungen N bzw. S verweisen auf die Lage von Nord- bzw. Südpolen bei Permanentmagneten.

Fig. 1 stellt drei stabförmige Bauelemente 1, auf eine kugelförmige permanentmagnetische Kupplung 2a ausgerichtet, vor dem Zusammenfügen dar. Es ist jeweils nur ein Ende der Bauelemente 1 zu sehen, die drei anderen Enden sind identisch ausgeführt und treffen in einer Konstruktion gewöhnlich auf drei weitere, in Fig. 1 ebenfalls nicht dargestellte Kupplungen. Die Bauelemente 1 tragen ferromagnetische Endstücke 3a, deren zur Kupplung 2a weisende Stirnflächen als magnetische Kontaktflächen 4 ausgebildet sind. Die magnetische Pollage der Kupplung 2a spielt gegenüber der Lage der Bauelemente 1 keine Rolle, da die Endstücke 3a keine Permanentmagnete sind. Prinzipiell wäre es möglich, die Bauelemente 1 jeweils aus einem Stück ferromagnetischen Materials anzufertigen. Da sich jedoch über ferromagnetische Substanzen Anziehungs- und Abstoßungskräfte fast unvermindert fortpflanzen, entstünden hierbei je nach zufälliger Polung der Kupplungen 2a komplizierte Kräfteverhältnisse, welche die Statik des Modells störend überlagerten, es sei denn, die Bauelemente wären extrem dünn und lang. Sind die Stäbe dagegen nicht ferromagnetisch, so treten diese destabilisierenden Störkräfte gegenüber den regulären Zug- und Druckkräften des Modells in den Hintergrund. Ferromagnetische Bauelemente wären auch vom Eigengewicht her ungeeignet, außerdem würden sie nicht bevorzugt an ihren Enden, sondern entlang ihrer gesamten Länge an den Kupplungen haften. Deshalb bestehen die Bauelemente 1 aus leichtem, nicht ferromagnetischem Material. Zur weiteren Gewichtsersparnis können sie auch aus Rohrmaterial angefertigt sein. Für eine Ausführung als eleganter Schreibtisch- oder Regalschmuck eignet sich beispielsweise eloxiertes Aluminiumrohr bzw. verchromtes oder anlaufgeschütztes Messingrohr. Für Kinderspielzeug und im Unterrichtsbereich ist aus Sicherheitsgründen (Steckdosen!) elektrisch nichtleitendes Material wie Holz oder Kunststoff vorzuziehen.

In Fig. 2 sind drei Alternativen von dauermagnetischen Kupplungen 2a, 2b, 2c gezeichnet. Kupplung 2a besteht zur Gänze aus permanentmagnetischem Werkstoff. Hartmagnetische, zu Permanentmagneten verarbeitbare Werkstoffe mit hoher magnetischer Remanenz stehen üblicherweise als Stangenmaterial für Zuschnitte zur Verfügung. Die Stäbe selbst werden durch Pressen oder Sintern geformt und dürfen außer Trennen und Schleifen keiner weiteren Formgebung unterzogen

werden. Neuerdings sind jedoch hartmagnetische Partikel aus Samarium-Kobalt- und Neodym-Eisen-Legierungen mit extrem hoher magnetischer Remanenz in Kunststoffen eingebettet erhältlich; sie liefern starke und beliebig geformte, schlagfeste Magnete. Aus derartigen Werkstoffen kann die Kupplung 2a mittels eines Preßwerkzeuges hergestellt werden. Handelsübliche Zylindermagnete aus Stangenmaterial werden dagegen in den Kupplungen 2b und 2c verwendet. Kupplung 2b enthält einen flachen Zylindermagneten 5a, dessen Symmetrieachse in Fig. 2 horizontal durch die Zeichenebene verläuft. Auf seine ebenen Flächen sind zwei gleichartige, ferromagnetische Kalotten 6a geklebt. Für die Kupplung 2c wird ein Zylindermagnet 5b verwendet. Dieser paßt mit seinem Querschnitt genau in das Loch eines flachen, nicht ferromagnetischen Ringes 7, worin er festgeklemmt ist. In Fig. 2 verlaufen die Symmetrieachsen des Zylindermagneten 5b und des Ringes 7 horizontal durch die Zeichenebene. Auf die Stirnflächen des Ringes 7 sind zwei gleichartige ferromagnetische Kalotten 6b geklebt. Sie sind so dimensioniert, daß sie mit den Stirnseiten des Magneten 5b in Berührung sind. Eventuell verbleibende Luftspalte zwischen Ring 7 und den Kalotten 6b sind für den Verlauf der magnetischen Feldlinien ohne Bedeutung und werden durch Klebstoff ausgefüllt. Die Anordnung 2c verhindert magnetischen Kurzschluß zwischen beiden Kalotten 6b. Eine derartige Maßnahme ist bei Kupplung 2b überflüssig, denn die Kalotten 6a stellen lediglich Verlängerungen der beiden Magnetpole dar. Beide Anordnungen enthalten handelsübliche Ausführungen von Permanentmagneten aus gebräuchlichen Werkstoffen wie keramischen Hartferriten oder Legierungen aus Eisen, Kobalt und Seltenen Erden. Trotz dieser spröden Materialien können die Kanten der Zylindermagneten nicht beschädigt werden, etwa beim Aufeinanderprallen von Kupplungen infolge deren gegenseitiger Anziehung, denn sie sind durch die Kalotten geschützt. Die Kupplung 2a ist von einem gewöhnlichen magnetischen Dipolfeld umgeben. Bei den Kupplungen 2b und 2c sind die näheren Feldlinien stark verzerrt: sie werden an die magnetisch leitfähigen Kalotten herangezogen und verlaufen teilweise innerhalb von diesen. Da die Kalotten sich nicht berühren, müssen alle Feldlinien ihre Oberfläche auf dem Weg zum andern Pol irgendwo verlassen ehe sie sich schließen. Dadurch ist das Nahfeld wesentlich stärker nichtlinear als bei denselben Magneten ohne Kalotten. Das bedeutet, daß beim Entfernen von, an den Kalotten haftenden, ferromagnetischen Gegenständen zunächst eine stärkere Energiedifferenz zu überwinden ist, anschließend jedoch eine geringere als beim unverzerrten Feld. Die Oberflächenhaftung ist somit bei den Kupplungen 2b und 2c größer als bei Kupplung 2a — jeweils gleichgroße Gesamtenergie des magnetischen Feldes vorausgesetzt — die Fähigkeit, eine sich etwas ablösende Verbindung wieder zusammenzuziehen ist dagegen bei Kupplung 2a höher.

Fig. 3a, 3b und 3c zeigen drei Ausführungen von ferromagnetischen Endstücken 3a, 3b, 3c auf den Enden stabförmiger Bauelemente 1. Es wurden drei Endstücke ausgewählt, die einfach herzustellen und leicht an den Bauelementen anzubringen sind, nämlich durch Einpressen, Eingießen oder Kleben. Das Endstück 3a in Fig. 3a hat die Form eines nagelähnlichen Stüpfes mit breitem Kopfteil und ist für massive Stäbe — in etwas modifizierter Ausführung — auch für Rohre geeignet. Die Stirnfläche des Kopfes ist als magnetische Kontaktfläche 4 ausgebildet. In Ergänzung zur Kugel-

oberfläche der Kupplungen ist sie kalottenförmig und konkav. Der stüpfartige Teil wird in eine passende Bohrung am Stabende bzw. bei rohrförmigen Bauelementen 1 direkt in die Rohröffnung eingepreßt, sein Durchmesser ist im zweiten Fall entsprechend größer. Das Endstück 3b in Fig. 3b ist für massive, stabförmige Bauelemente 1 ausgelegt; es ist als zylindrische Kappe aus ferromagnetischem Material geformt, welche auf das Stabende gepreßt oder darauf festgeklebt wird. Die Stirnfläche ist wiederum eine konkave Kalotte und dient, als magnetische Kontaktfläche 4, der Befestigung der Bauelemente 1 an den in Fig. 2 dargestellten Kupplungen. Die Krümmungsradien der Kontaktflächen 4 sind wie auch bei den Endstücken 3a etwas kleiner als diejenigen der entsprechenden kugelförmigen Kupplungen, wodurch die Bauelemente 1 sich spielfrei auf die Mittelpunkte der Kupplungen hin zentrieren. Für rohrförmige Bauelemente 1 ist das Endstück 3c vorgesehen; es ist als zylindrische, ferromagnetische Einpreßbuchse ausgeführt, deren engerer Teil mit dem Innendurchmesser des Rohres eine Preßpassung bildet, während der erweiterte äußere Teil dem Außendurchmesser des Rohres entspricht, auf welchem er aufsitzt. An seiner Stirnseite weist das Endstück 3c eine versenkte, als magnetische Kontaktfläche 4 dienende, konisch nach innen verlaufende Ringfläche auf. Diese berührt die Oberfläche der zugehörigen kugelförmigen Kupplung im Schnitt gesehen tangential, räumlich betrachtet, sitzt sie entlang einer Kreislinie spielfrei auf der Kupplung auf. Dadurch ergeben sich auch hier rein radiale Anordnungen der Bauelemente 1 auf der Oberfläche der Kupplungen. Zur Gewichtsersparnis ist für das Bauelement 1 in Fig. 3c ein Rohr mit möglichst geringer Wandstärke zu wählen, womit der eingepreßte Teil des Endstückes 3c — im Gegensatz zu demjenigen des Endstückes 3a für massive Bauelemente — einen entsprechend großen Außendurchmesser aufweisen muß. Um das Endstück 3c dennoch möglichst leicht zu halten, ist es als Buchse mit durchgehender Bohrung ausgeführt. Die Haltekraft wird durch diese Maßnahme nur unwesentlich vermindert. Bestehen die Bauelemente 1 aus Kunststoff, so können die Endstücke 3a, 3b oder 3c im Herstellungsprozeß gleich mit eingegossen oder eingepreßt werden. Für Bauelemente aus Holz oder Metall ist nachträglicheres Aufpressen die einfachste Befestigungsmethode, für solche aus Pappe oder Hartpapier dagegen Kleben. Für die Endstücke sind alle Materialien mit guter magnetischer Leitfähigkeit und relativ geringer Remanenz wie Eisen oder Stahl, vorzugsweise Chromstahl geeignet.

Fig. 4 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer einfachen Anordnung von sechs Bauelementen 1 und vier Kupplungen 2a des magnetischen Miniaturbaukastens nach Patentanspruch 1 zu einem Tetraedergerüst. Die Bauelemente 1 tragen je zwei ferromagnetische Endstücke 3a, 3b oder 3c, über welche sie durch magnetische Anziehung an den permanentmagnetischen Kupplungen 2a radial ausgerichtet haften. Durch fortlaufende Triangulierung (gestrichelte Linien in Fig. 4) kann an den drei oberen Seitenflächen nach außen hin angebaut werden, wobei neben drei Bauelementen jeweils nur eine neue Kupplung hinzugefügt werden muß. Für die so zustandekommenden freitragenden Strukturen ist die Festigkeit der Verbindungen völlig ausreichend; an die neu entstandenen Kupplungsstellen können weitere Verbindungen angelegt werden. Die dargestellte Konstruktion erfordert nur gleichlange Bauelemente 1 von etwa 10 cm Länge, doch können diese auch

unterschiedliche Längen zwischen 4 cm und 30 cm haben, nur sollten sie nicht so kurz sein, daß sich Kupplungen in einer Konstruktion merklich anziehen oder abstoßen und auch nicht so lang, daß für ausgedehnte Strukturen eine normale Tischfläche rasch zu klein wird. Die Durchmesser der Bauelemente 1 liegen je nach Eigengewicht des Materials zwischen 1 mm und 6 mm. Die Form des Querschnittes ist an sich beliebig, jedoch vorzugsweise kreisrund.

Fig. 5 entspricht Fig. 1, nur daß hier mit Klettmaterial versehene Komponenten eines Baukastens nach Patentanspruch 2 — diesmal im Schnitt — dargestellt sind: Eine Kupplung 12, beschichtet mit Flauschmaterial 15, ist umgeben von drei radial ausgerichteten Bauelementen 11. Zur Gewichtsersparnis sind die Kupplung 12 und die Bauelemente 11 innen hohl. Die Enden der Bauelemente 11 tragen je ein Endstück 13a, welches auf einer nach außen weisenden Kontaktfläche 14 mit Hakenmaterial beschichtet ist. Letzteres bildet mit dem Flauschmaterial 15 eine Klettverbindung. Die Kupplung kann aus zwei Halbkugelschalen aus leichtem Holz oder weichem Kunststoff zusammengefügt sein, auch ein Gummiball kann für die Kupplung 12 Verwendung finden. Wird sehr leichtes Material wie Filz, Schaumstoff, Styropor oder eine sehr leichte Holzart verwendet, kann die Kugel massiv ausgeführt sein. Desweiteren kommt als Kupplung eine völlig aus dem Flauschmaterial 15 hergestellte Kugel in Betracht; da das Flauschmaterial mit dem Hakenmaterial auf den Kontaktflächen 14 direkt eine Klettverbindung bildet, entfällt der Arbeitsgang nachträglicher Beschichtung in diesem Fall. Die Bauelemente 11 sind in dieser Ausführungsform Rohre aus schlagfestem Kunststoff, jedoch können auch massive Stäbe aus einer leichten Holzart an deren Stelle treten. Ihr Querschnitt ist vorzugsweise kreisrund, der Durchmesser liegt, je nach Eigengewicht des Materials zwischen 1 cm und 4 cm, ihre Länge zwischen 20 cm und 1 m. Damit ergibt sich eine leichte Handhabung auch für Kinderhände und es können im Spielzimmer wie im Freien Bauten und Körpernetze von einigen Metern Ausdehnung zusammengesetzt werden. Da die Bauelemente leicht, sowie die Enden der Stäbe und die Kupplungen alle an der Oberfläche gepolstert sind, besteht keinerlei Verletzungsgefahr beim Zerlegen oder Einstürzen der Aufbauten. Beim Spielen werden sorgfältiges Vorgehen und Geschicklichkeit gefordert. Nach einfachen Anfängen kommen sukzessive kompliziertere Gebilde zustande und die räumliche Wirkung grundlegender trigonometrischer und geometrischer Verhältnisse wird anschaulich erfahren.

Fig. 6a, 6b und 6c zeigen drei Ausführungen von Endstücken 13a, 13b, 13c auf den Enden rohrförmiger Bauelemente 11 des Baukastens nach Patentanspruch 2 mit Klettverbindungen. Es wurden drei Endstücke ausgewählt unter den Gesichtspunkten einfacher Herstellung und leichter Montage, nämlich Kleben, Verschweißen oder Aufstecken. Alle drei abgebildeten Endstücke 13a, 13b und 13c haben an ihren Stirnseiten nach außen weisende, konkave Kontaktflächen 14. Diese dienen, wie in Fig. 5 angedeutet, der Befestigung der Bauelemente 11 an den kugelförmigen Kupplungen 12. Die Endstücke bestehen aus Gummi oder aus weichem, elastischem Kunststoff. Erstere werden gesteckt oder geklebt, letztere angeschweißt oder geklebt. Sie sind alle für rohrförmige Bauelemente 11 vorgesehen, jedoch ebenso für massive, stabförmige Bauelemente geeignet, sofern deren Enden — zumindest, was die Endstücke 13b und 13c betrifft, entsprechend geformt sind. Die Krümmungsra-

dien der Kontaktflächen 14 entsprechen denjenigen der kleinsten im Baukasten enthaltenen Kupplungen, sind eher noch etwas kleiner, um die exakte Zentrierung der Bauelemente auf die Mittelpunkte der Kupplungen hin zu erleichtern.

Das Endstück 13a in Fig. 6a wird flach auf das Ende des Bauelementes 11 geklebt oder geschweißt. Es ist zylinderrförmig bis auf die äußere Stirnseite, welche die konkav gewölbte Kontaktfläche 14 bildet. Das Endstück 13b in Fig. 6b ist eine elastische zylindrische Kappe und wird einfach über das Ende des Bauelementes 11 gezogen. Zur zusätzlichen Sicherung kann es verklebt oder — je nach Material — angeschweißt werden. Vorzugsweise für rohrförmige aber auch für massive, am Ende aufgedröhrte Bauelemente ist das Endstück 13c in Fig. 6c. Es ist als zylindrischer Stöpsel aus weichem, elastischem Material geformt und wird lediglich durch Einstecken befestigt. Bei geeigneter Abstimmung der Querschnitte bzw. zusätzlicher Sicherung durch kreisförmig um die Innenwand der Rohroffnung laufende Halterillen sind weitere Befestigungsmaßnahmen entbehrlich.

Fig. 7a und Fig. 7b veranschaulichen in Form zweier Beispiele die Beschaffenheit von rahmenartigen Bauelementen 16a und 16b. Das Bauelement 16a ist ein gleichseitiger, das Bauelement 16b ein gleichschenkliger Dreiecksrahmen. Dreiecksstrukturen, wie sie sich sonst beim Konstruieren mit den stabförmigen Bauelementen 11 ergeben, sind hier bereits starr zusammengefügt. An den drei Eckpunkten befinden sich konkave, mit dem Hakenmaterial einer Klettverbindung beschichtete Kontaktflächen 14. Diese haben die Form einer einwärts gewölbten Kalotte, sofern die Rahmenstücke von rundem Querschnitt sind oder die Form einer zylindrisch nach innen gewölbten Rechteckfläche, sofern die Rahmen von rechteckigem Profil sind. Die Rahmen können, falls eine flächige Wirkung der Bauelemente 16a oder 16b gewünscht wird, mit einer Besspannung 17 bezogen sein. Wählt man entsprechend leichtes Material, so können an die Stelle der Bauelemente 16a, 16b auch aus einem Werkstück hergestellte Flächenelemente treten — wiederum mit erfindungsgemäßen Kontaktflächen an den Ecken.

Bei beiden Ausführungen können die Flächen bunt gefärbt werden, um die optische Attraktivität insbesondere für Kinderspielzeug zu erhöhen oder sie können mit Aufdrucken für Werbezwecke versehen werden, was speziell für die magnetische Version in Frage kommt. Neben den dargestellten flächenhaften Bauelementen 16a und 16b sind natürlich weitere Varianten mit anderen Seitenverhältnissen oder mit mehr als drei Seiten möglich. Analog zu diesem Rahmen sind ähnliche Bauelemente mit ferromagnetischen Ecken für den magnetischen Baukasten nach Anspruch 1 auszuführen. Ihre zeichnerische Darstellung ist hier entbehrlich. Durch die vorgefertigten Rahmen läßt sich die Stabilität der Aufbauten erheblich steigern, ohne daß in der Realisation von Konstruktionsideen Einschränkungen hinzunehmen wären, solange der Baukasten weiterhin ausreichend viele stabförmige Bauelemente 11 (bzw. 1) enthält.

Anwendungsbeispiele

Der erfindungsgemäße Baukasten stellt ganz nach Wahl des dauer magnetischen Werkstoffes mehr ein Geschicklichkeits- oder mehr ein Konstruktionspiel dar. Sehr gebräuchlich und kostengünstig sind permanent-

magnetische Oxidkeramiken. Diese entwickeln bei kleinen Abmessungen nur ein mäßiges Kraftfeld. In Verbindung mit den erfindungsgemäßen Bauelementen erhält man eine Art konstruktivistisches Geschicklichkeitsspiel. Tetraeder, wie in Fig. 4 abgebildet, und Oktaeder sind mit den Oxidmagneten noch ziemlich stabil zusammenzubauen. Sie bilden die Grundstrukturen, auf die durch Triangulation immer neue Tetraeder und Oktaeder getürmt oder daran angehängt werden, bis die Belastungsgrenze erreicht ist. Vom Kartenhaus-Bauen her weiß man, daß gerade diese Situation dazu reizt, das Spiel mit immer gewagteren Balancen zu riskieren. Hierbei zählt weniger das bauliche Ergebnis als vielmehr der Balanceakt selbst. Wählt man für die Kupplungen Legierungen aus Aluminium-Nickel-Kobalt, Samarium-Kobalt, Neodym-Eisen oder aus ähnlichen Werkstoffen mit sehr hoher magnetischer Remanenz, so ergeben sich wesentlich stabilere Verbindungen. Diese sind ausreichend kräftig, um mit Bauelementen von beispielsweise 10 cm Länge Modellkonstruktionen von etwa 1 m Höhe auf einer unterstützten Fläche von ca. 10 x 10 cm zusammenzuhalten. Konstruktionen bis etwa 50 cm Höhe bleiben selbst dann stabil, wenn sie überhängende Teile haben. Überhängende Dachkonstruktionen sind möglich, wobei die Dachfläche das Zwölfbis Sechzehnfache der unterstützten Grundfläche betragen kann. Der Baukasten bildet die Statik realistischer Rahmenkonstruktionen im Modell sehr gut nach. Biege-, Scher- und Verwindungskräfte sind durch die kugelgelenkartige Beweglichkeit der Verbindungsstellen ausgeschlossen. Entlang der Bauelemente wirken nur entweder Zug- oder Druckkräfte. Lastspitzen und Lastüberhänge sind durch die strukturellen Bedingungen begrenzt. Zum einen stellt die Haltekraft der Magnete die maximale Lastobergrenze dar, zum anderen kann sich durch das Bauen auf der freien Tischfläche ohne Verankerung in einer Steckplatte der Schwerpunkt nie unbemerkt über den Grundriß hinaus verlagern. Reales Bauen folgt denselben Geboten: verborgene Lastspitzen dürfen sich bei ausgeglichener Kräfteverteilung nie an einer Stelle aufsummieren und der Schwerpunkt muß über einem Punkt innerhalb der unterstützten Grundfläche liegen. Im Bauwesen sind die Verbindungen fest und die Regeln nur durch Berechnung einzuhalten, hier im Modell werden dieselben Regeln anschaulich erlernt und intuitiv befolgt.

Neben der spielerischen Verwendung ist der erfindungsgemäße Baukasten in seiner miniaturisierten Ausführung gemäß Anspruch 1 auch für schulische und gewerbliche Anwendungen geeignet. Dafür seien im folgenden einige Beispiele angeführt. Als Lehrmittel dient der Baukasten der Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens, der Nachbildung geometrischer Grundkörper, der Veranschaulichung von Lehrsätzen der Ebene und des Raumes, der Ableitung irrationaler Zahlenverhältnisse, der Erprobung elementarer Konstruktionsprinzipien auf realistischer Basis sowie der kreativen Entwicklung eigener Konstruktionsideen. Im Falle des Scheiterns sind alle Teile verworfener Konstruktionen wiederverwendbar. Der provisorische Aufbau ermuntert zu Änderungen, Erweiterungen und Neuansätzen. Im Modellbau können mit den Bauelementen verwindungsfreie Fachwerk-, Rahmen-, Dach-, Zelt- und Hängekonstruktionen mit ausgeglichener Kräfteverteilung ohne Werkzeug errichtet und leicht wieder zerlegt werden. Belastungsspitzen bleiben nicht verborgen, da an kritischen Stellen das Netzwerk aufbricht, wobei über Werkstoffart und Größe der Magne-

te die Lastgrenze wählbar ist. Auch die Toleranz der Struktur gegen äußere Störungen der Statik kann durch entsprechende Manipulation des Modells studiert werden. Nach Ermitteln der endgültigen Form können die Gelenkstellen durch Verkleben dauerhaft fixiert werden. Auch ein sukzessiver Aufbau mit jeweils anschließender Fixierung der für sich statisch ausgeglichenen, selbsttragenden Teile einer Gesamtstruktur durch Verkleben mit Silikonkautschuk bei hängenden und elastisch schwingenden Teilen oder mit Kunstharzkleber bei tragenden Teilen ist möglich. Zu Werbezwecken können Artikel von länglicher Form bzw. verkleinerte oder vergrößerte Modelle davon mit ferromagnetischen Kontaktflächen versehen und durch dauermagnetische Kupplungen vervollständigt werden zu variablen Exponaten oder zu Spielzeugen mit hoher Werbewirksamkeit. Außerdem sind die flächigen Bauelemente der erfindungsgemäßen Baukästen, versehen mit Warenzeichen, Reklameaufdrucken und dergleichen, ein effizientes Werbegeschenk, welches immer wieder zur Hand genommen, neu zusammengebaut, aufgestellt und vorgezeigt wird.

Zusätzliche Ausstattungsmerkmale

Zur Erhöhung ihres Gebrauchswertes können die Baukästen mit einigen zusätzlichen Konstruktionshilfen ausgestattet werden. Da diese zur Erlangung der erfindungsgemäßen Vorteile nicht erforderlich sind, werden sie ohne zeichnerische Darstellung in kurzer Form beschrieben. Der Baukasten mit Klettverbindungen kann außer den Klettkupplungen auch ausgedehntere Kupplungselemente zum Anheften der Bauelemente wie Polyeder, Platten oder biegsame Bänder, letztere zum Bau von Hängekonstruktionen, enthalten. Neben den kugelförmigen Kupplungen sind für die ersten Verbindungen von der Basis her halbkugelförmige Kupplungen mit etwas größerem Radius zweckmäßig. Die Verwendung von Klettmaterial, dessen beide Haftoberflächen gleichartig beschaffen sind, ist ebenfalls in Betracht zu ziehen: hiermit sind alle Aufbauten — ebenso wie bei komplementären Oberflächen — unverändert möglich; darüber hinaus können Bauelemente, etwa zur Verlängerung, auch direkt zusammengefügt werden. Die erfindungsmäßigen Vorzüge bestehen auch mit solchem Material in der funktionalen Differenzierung nach Bauelementen und Kupplungen und in deren Zusammenwirken über die Eigenschaften der Klettverbindung. Derzeit erhältliche, nicht komplementäre Klettverbindungen erfordern allerdings erheblichen Kraftaufwand zum Verbinden und sind für die vorliegende Anwendung noch zu kostspielig. Die Miniaturversion mit magnetischen Kupplungen kann mit folgendem Zubehör ausgestattet werden: Ferromagnetische Trägerplatten, Stützstäbe und Kettenstücke sowie starre ferromagnetische Drahtrahmen. Diese Hilfsmittel dienen als Auflage- und Stützelemente für hängende Netze, freitragende Strukturen, Zelte, Dächer, Brücken etc. Sie gestatten beispielsweise auch das Aufhängen von Modellen an der Wand. Für bestimmte Konstruktionen wie z. B. Skelettbauten ist die Einbeziehung von zusätzlichen Bauelementen wie starren Rahmen, Platten und Hohlkörpern in die erfindungsgemäßen Baukästen hilfreich. Sie bestehen aus leichtem Material bzw. sind hohl und tragen an zwei oder mehr Stellen Kontaktflächen gemäß der Erfindung. Alle Kantenmaße dieser Körper und Flächen decken sich mit den angegebenen Stablängen bzw. sind ganzzahlige Bruchteile oder Vielfache dieser Längen.

Die hierdurch gekennzeichneten zusätzlichen Konstruktionselemente werden in Verbindung mit den stabförmigen Bauelementen und den Kupplungen gemäß der Erfindung verwendet.

Die erfindungsgemäßen, stabförmigen Bauelemente (1, 11) können unterschiedliche Längen haben. Für eine große Zahl geometrischer Grundkörper und dreidimensionaler Fachwerke genügen bereits zwei im Verhältnis 1 zu 2 stehende Längen. Für anspruchsvollere Modelle sollen die nachstehenden Maße verwendet werden, welche sich aus einem beliebig wählbaren, normierenden Grundmaß "1" ergeben durch Multiplikation mit den Faktoren:

$$\sqrt{5}/2, \sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{5}, 2\sqrt{2}, 2\sqrt{3}, 4, 2\sqrt{5}, 4\sqrt{2}, 4\sqrt{3}, 8 \quad 15$$

In dieser Reihe sind alle Längen visuell leicht zu unterscheiden auch ohne zusätzliche Kennzeichnung wie etwa Farbgebung oder Codierung, was zur Erhöhung der Instrukktivität dennoch möglich ist. Die jeweils benachbarten Diagonalmäße der Folge:

$$\sqrt{5}/2, \sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{5}, 2\sqrt{2}, 2\sqrt{3}, 2\sqrt{5}, 4\sqrt{2}, 4\sqrt{3}$$

stehen grob angenähert zueinander im Verhältnis 4 zu 5. Damit kann für jede fundamentale Konstruktionsaufgabe die richtige Länge aus der reinen Anschauung heraus leicht gefunden werden. Die angegebenen Proportionen enthalten alle bei Fachwerk- und Rahmenkonstruktionen in der Praxis vorkommenden Diagonalmäße.

Professionelle Anwendungen im Modellbau erfordern eine große Anzahl zusätzlicher Längenmaße. Freizuschneidbares Rohrmaterial und genau dazu passende, aufsteckbare ferromagnetische Endstücke würden diesem Mangel abhelfen, doch wäre damit ein Hauptvorteil der Erfindung verspielt. Im Interesse schnellen und mühelosen Arbeitens bleiben fertig konfektionierte Bauelemente wünschenswert. Deshalb wird alternativ zu den oben festgelegten Proportionen für professionelle Anwendungen ein differenzierteres Maßsystem eingeführt: das Verhältnis 1 zu 2 wird in 6 exakt gleichgroße Proportionen unterteilt:

$$1 \text{ zu } \sqrt[6]{2} \text{ zu } \sqrt[5]{2} \text{ zu } \sqrt{2} \text{ zu } (\sqrt[4]{2})^2 \text{ zu } (\sqrt[3]{2})^3 \text{ zu } 2 \text{ etc.} \quad 45$$

Dies entspricht in exponentieller Schreibweise:

$$1 \text{ zu } 2^{1/6} \text{ zu } 2^{2/6} \text{ zu } 2^{3/6} \text{ zu } 2^{4/6} \text{ zu } 2^{5/6} \text{ zu } 2 \text{ etc.} \quad 50$$

Das Verhältnis zwischen zwei in dieser Reihe aufeinanderfolgenden Längen ist damit rund 8 zu 9. Die Reihe enthält in guter Näherung alle zuvor eingeführten Diagonalmäße und liefert zudem Näherungsgrößen für weitere, sekundäre, inkommensurable Längen, unter anderem auch für die Proportionen des goldenen Schnittes. Würden alle primär und sekundär ableitbaren irrationalen Maßverhältnisse exakt realisiert, so erhielte man unübersichtlich viele Abmessungen, wovon einige ununterscheidbar eng beieinanderlägen. Solche werden immer gruppenweise zu einem Maß der oben angegebenen Reihe zusammengefaßt.

Patentansprüche

1. Baukasten, bestehend aus Bauelementen und Kupplungen, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (1) ferromagnetische Kontaktflächen

(4) aufweisen und daß die Kupplungen (2a, 2b, 2c) Permanentmagnete sind oder solche enthalten, derart, daß die Bauelemente (1) über die Kupplungen (2a, 2b, 2c) durch magnetische Haftung lösbar miteinander verbindbar sind.

2. Baukasten, bestehend aus Bauelementen und Kupplungen, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (11) mit Klettmaterial beschichtete Kontaktflächen (14) aufweisen und daß die Kupplungen (12) aus dem gleichen oder dem zur Beschichtung der Kontaktflächen (14) komplementären Material (15) bestehen oder damit überzogen sind, derart daß die Bauelemente (11) über die Kupplungen (12) durch Klettung lösbar miteinander verbindbar sind.

3. Baukasten nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente Stäbe (1, 11), Rahmen (16a, 16b), Platten oder andere Körper aus leichtem Material und daß die Kupplungen Kugeln, Zylinder oder Polyeder sind.

4. Baukasten nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktflächen (4, 14) eben, konisch, kugelförmig, halbkugelförmig, konvex oder konkav sind und daß die Kupplungen dazu passend ebene, konkave oder konvexe Oberflächen oder Teiloberflächen haben.

5. Baukasten nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (1) nichtferromagnetische Stäbe sind und jeweils zwei ferromagnetische Endstücke (3a, 3b, 3c) aufweisen, deren nach außen gerichtete Seiten als Kontaktflächen (4) dienen.

6. Baukasten nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (1) Stäbe sind und jeweils zwei Endstücke (13a, 13b, 13c) aufweisen, deren nach außen gerichtete Seiten als Kontaktflächen (14) dienen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

Fig. 1

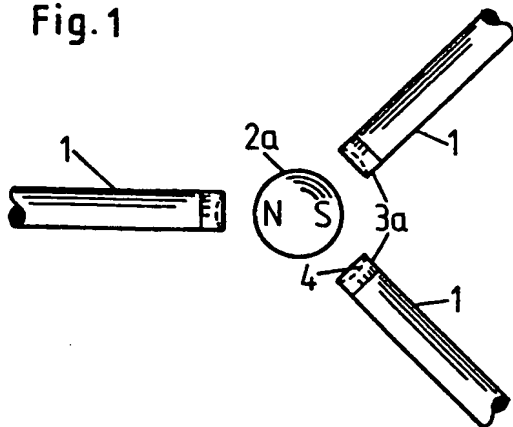


Fig. 2

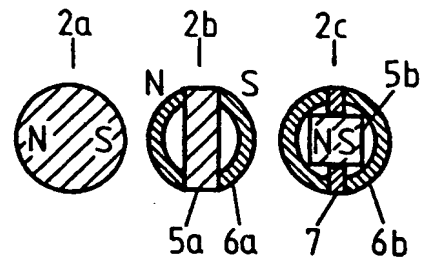


Fig. 3a

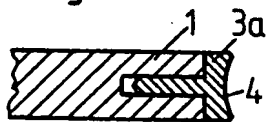


Fig. 3b

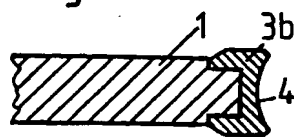


Fig. 3c

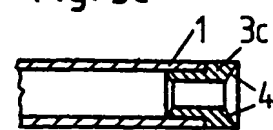


Fig. 4

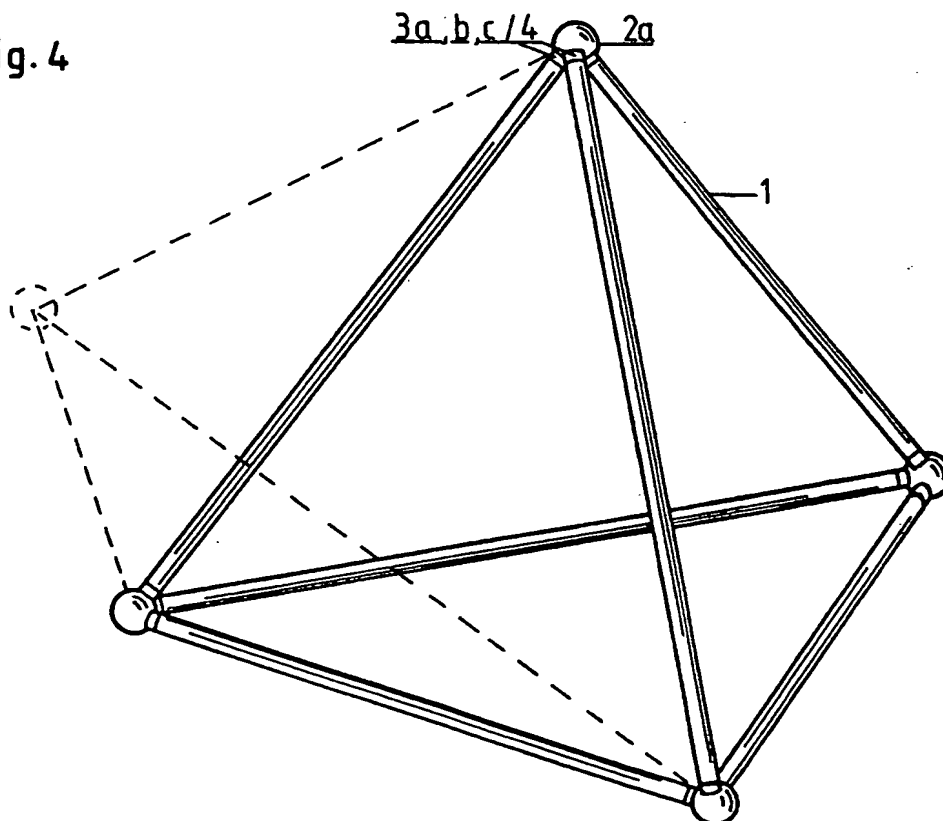


Fig. 5

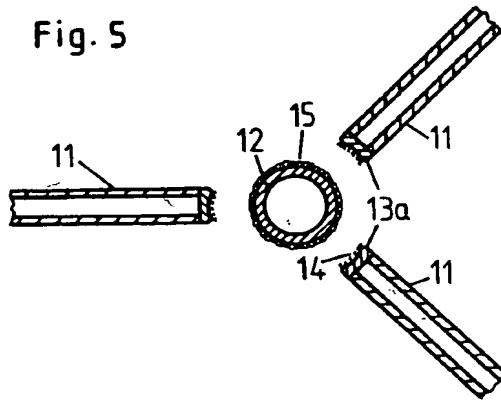


Fig. 6a

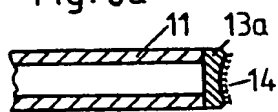


Fig. 6b

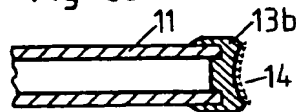


Fig. 6c

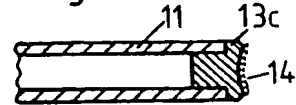


Fig. 7a

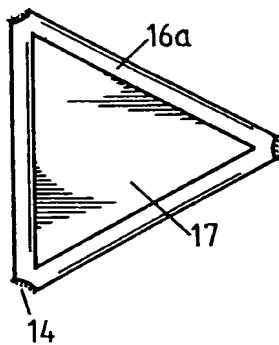


Fig. 7b

